

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-294095

(43)Date of publication of application : 11.11.1997

(51)Int.Cl.

H04B 7/005

(21)Application number : 08-106964

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 26.04.1996

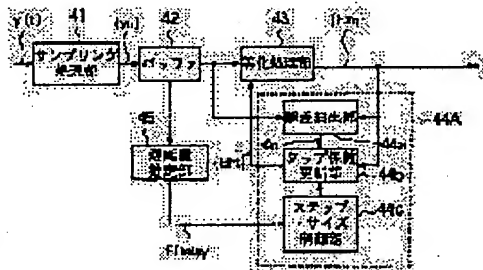
(72)Inventor : YAMAGUCHI NORIO  
SHINO HARUHIRO

## (54) ADAPTIVE EQUALIZER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent deterioration in a demodulation characteristic by improving estimate accuracy of a transmission line.

SOLUTION: A sampling processing section 41 obtains a sample value series  $[y_n]$  of a reception signal  $y(t)$ . The sample value series  $[y_n]$  is outputted from a buffer 42 to an equalization processing section 43, a transmission line estimate section 44A and a delay estimate section 45. The equalization processing section 43 obtains an estimate transmission symbol series  $[E_{xn}]$  from the sample value series  $[y_n]$  and an estimate impulse response series  $[E_{ht}]$ , and the transmission line estimate section 44A obtains the estimate impulse response series  $[E_{ht}]$  based on the sample value series  $[y_n]$ , the estimate transmission symbol series  $[E_{xn}]$ , and an estimate error  $e_n$ . A delay estimate section 45 outputs a delay amount  $E_{Delay}$  of a transmission line to a step size control section 44c. An error extract section 44a obtains the estimate error  $e_n$ . The step size control section 44c controls the step size based on the delay amount  $E_{Delay}$  and a tap coefficient update section 44b updates a tap coefficient based on the estimate transmission symbol  $E_{xn}$ , the estimate error  $e_n$  and the step size.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-294095

(43) 公開日 平成9年(1997)11月11日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 B

7/005

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 B 7/005

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-106964

(22) 出願日 平成8年(1996)4月26日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 山口 法夫

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 椎野 玄博

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

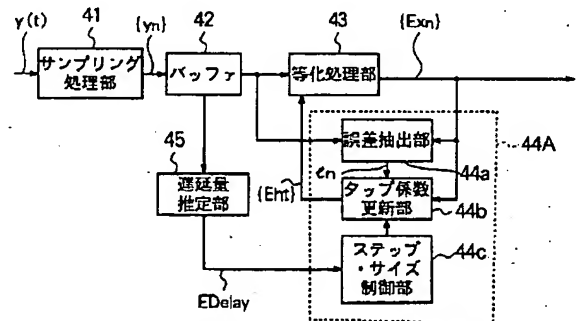
(74) 代理人 弁理士 柿本 恭成

(54) 【発明の名称】 適応等化器

(57) 【要約】

【課題】 適応等化器の伝送路の推定精度を向上して復調特性の劣化を防止する。

【解決手段】 サンプリング処理部41は受信信号 $y(t)$ のサンプル値系列 $\{y_n\}$ を求める。サンプル値系列 $\{y_n\}$ はバッファ42から等化処理部43、伝送路推定部44A及び遅延量推定部45へ出力される。等化処理部43はサンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定インパルス応答系列 $\{Eh_t\}$ から推定送信シンボル系列 $\{Ex_n\}$ を求め、伝送路推定部44Aはサンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定送信シンボル系列 $\{Ex_n\}$ と推定誤差 $e_n$ から推定インパルス応答系列 $\{Eh_t\}$ を求める。遅延量推定部45は伝送路の遅延量 $EDelay$ をステップ・サイズ制御部44cへ出力する。誤差抽出部44aは、推定誤差 $e_n$ を求める。ステップサイズ制御部44cは遅延量 $EDelay$ をもとにステップ・サイズを制御し、タップ係数更新部44bは推定送信シンボル $Ex(n)$ 、推定誤差 $e_n$ 及びステップ・サイズによりタップ係数を更新する。



本発明の第1の実施形態の適応等化器

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、  
前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、  
前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、  
前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからリスト・ミーン・スクウェアアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、  
前記サンプル値系列から前記受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部と、  
前記各タップ係数の更新の際、前記ステップ・サイズを前記受信信号の遅延量に比例させるステップ・サイズ制御部とを、設けたことを特徴とする適応等化器。

【請求項2】 伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、  
前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、  
前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、  
前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからリスト・ミーン・スクウェアアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、  
請求項1記載の遅延量推定部と、  
前記各タップ係数の更新の際、過去のタップ係数のリーク量を前記受信信号の0遅延量に比例させるリーク係数制御部とを、設けたことを特徴とする適応等化器。

【請求項3】 伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、  
前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、  
前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、  
前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからリスト・ミーン・スクウェアアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、

前記サンプル値系列から前記受信信号の平均振幅を計算する平均振幅計算部と、

前記各タップ係数の更新の際、前記ステップ・サイズを前記受信信号の平均振幅に比例させるステップ・サイズ制御部とを、設けたことを特徴とする適応等化器。

【請求項4】 伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、

前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、

前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、

前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからリスト・ミーン・スクウェアアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、  
請求項3記載の平均振幅計算部と、

前記各タップ係数の更新の際、過去のタップ係数のリーク量を前記受信信号の平均振幅に比例させるリーク係数制御部とを、設けたことを特徴とする適応等化器。

【請求項5】 伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、

前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、

前記サンプル値系列及び前記推定送信シンボル系列に基づいて前記伝送路のインパルス応答を推定する伝送路推定部とを、備えた適応等化器において、  
前記サンプル値系列から前記受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部を設け、

前記等化処理部は、前記受信信号の遅延量が所定の閾値以下の場合、前記伝送路推定部で推定した伝送路の推定インパルス応答の遅延波項をリセットした値で等化処理を行う構成にしたことを特徴とする適応等化器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばデジタル通信の受信機等において、信号の伝送遅延を補償するために用いられる適応等化器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、デジタル移動通信の開発が急速に行われているが、陸上の移動通信では、遅延を伴う多数の干渉波と移動端末が高速に移動することによって周波数選択性フェージングが発生し、受信信号の波形が著しく歪むことがある。そのため、この歪みを補償する適応等化器が使用されている。図2は、従来のデジタル移動通信の送受信機を示す構成ブロック図である。この

送受信機では、送信機10の出力側に、伝送路20を介して受信機30が接続されている。送信機10は、符号化器11、送信ローパスフィルタ（以下、送信LPFという）12及び変調器13等で構成されている。受信機30は、復調器31、受信ローパスフィルタ（以下、受信LPFという）32、適応等化器33及び復号器34等で構成されている。

【0003】次に、この送受信機の動作を説明する。送信機10では、入力データ $b_n$ を符号化器11で送信シンボル $x_n$ に変換し、送信LPF12によって帯域制限して送信複素ベースバンド信号 $s(t)$ を生成する。変調器13では、送信複素ベースバンド信号 $s(t)$ を搬送波によって変調し、信号 $s_c(t)$ として伝送路20へ送信する。受信機30は、伝送路20を通った信号 $r_c(t)$ を復調器31で複素ベースバンド信号 $r(t)$ に変換し、更に受信LPF32を通して帯域制限された受信複素ベースバンド信号 $y(t)$ を得る。適応等化器33は、信号 $y(t)$ をシンボル間隔 $T$ でサンプリングし、該信号 $y(t)$ のサンプル値系列から周波数選択性フェージングによる伝送路20の特性を補償し、送信シンボルを推定する。最後に、復号器34で送信シンボルの推定値 $E x_n$ （但し、 $E$ は推定の意味）を復号し、送信されたデータ $E b_n$ を得る。

【0004】図3は、図2中の適応等化器の構成ブロック図である。この適応等化器は、例えば、デジタル・プロセッサ（以下、DSPという）を用いたプログラム制御等により構成されるもので、サンプリング処理部33a、バッファ33b、等化処理部33c及び

$$E h t(i)^{n+1}$$

$$= E h t(i)^n + \beta \times e_n \times E x(n-i) \quad \dots (1)$$

但し、

$E h t(i)^{n+1}$ ；時刻 $n+1$ のタップ係数

$E h t(i)^n$ ；時刻 $n$ のタップ係数

図4は、図2中の適応等化器の他の構成ブロック図である。

【0006】この適応等化器は、図3と同様にDSPを用いたプログラム制御等により構成されるもので、サンプリング処理部33e、バッファ33f、等化処理部33g及び伝送路推定部33hを備えている。次に、図4の適応等化器の等化処理部33gに最尤系列推定(Maximum Likelihood Sequence Estimation、以下、MLSEという)法を用いた場合の動作を説明する。サンプリング処理部33eは受信信号 $y(t)$ をシンボル間隔 $T$ でサンプリングしてサンプル値系列 $\{y_n\}$ を生成し、該サンプル値系列 $\{y_n\}$ をバッファ33fに出力する。バッファ33fに入力されたサンプル値系列 $\{y_n\}$ は該バッファ33fに一時的に蓄積され、等化処理部33gと

び伝送路推定部33dを備えている。伝送路推定部33dは、誤差抽出部33d1及びタップ係数更新部33d2から構成されている。次に、伝送路の推定にリースト・ミーン・スクウェア(Least Mean Square、以下、LMSという)アルゴリズムを用いた場合の図3の動作を説明する。サンプリング処理部33aは、伝送路からの受信信号 $y(t)$ をシンボル間隔 $T$ でサンプリングしてサンプル値系列 $\{y_n\}$ を生成し、該サンプル値系列 $\{y_n\}$ をバッファ33bへ出力する。バッファ33bに入力されたサンプル値系列 $\{y_n\}$ は、該バッファ33bに一時的に蓄積された後、等化処理部33c及び伝送路推定部33dへ出力される。等化処理部33cは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定インパルス応答系列 $\{E h t\}$ とをもとに等化処理を行い、推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ を求める。

【0005】伝送路推定部33dは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ から、伝送路の前記推定インパルス応答系列 $\{E h t\}$ を求める。伝送路推定部33d内部において、誤差抽出部33d1は、等化処理部33cからの推定送信シンボル $E x(n)$ とバッファ33bからのサンプル値系列 $\{y_n\}$ とから推定誤差系列 $e_n$ を抽出する。タップ係数更新部33d2は、推定送信シンボル $E x(n)$ 、推定誤差系列 $e_n$ 及びステップ・サイズ $\beta$  ( $\beta$ ；固定定数)に基づいて、次式(1)に示すように、タップ係数 $\{E h t(0), E h t(1), \dots, E h t(M)\}$ を更新する。

伝送路推定部33hに出力される。伝送路推定部33hは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ 、推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ 及び推定誤差から伝送路のインパルス応答系列 $\{E h t\}$ を求める。

【0007】等化処理部33gでは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ とインパルス応答系列 $\{E h t\}$ とをもとに等化処理を行い、推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ を求める。この時に用いるMLSE法は、ある有限区間での受信信号系列

$$y_k = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$$

が得られた時に、伝送路のインパルス応答 $h(t)$ を既知として、該受信信号系列 $y_k$ を実現する確率(尤度)の最も大きい送信シンボル系列 $x_k = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を推定するものである。この最尤系列は、伝送路雑音として白色ガウス雑音を仮定すると、結局、次の(2)式を最大にするシンボル系列 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を求めることによって得られる。

$$N$$

$$-\sum_{K=1}^N |y_K - \sum_j x_j h(t-jT)|^2 \quad \dots (2)$$

この(2)式は、畳み込み符号の復号法として知られるビタビ・アルゴリズム(Viterbi algorithm)を用いて効率的に計算される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の図3又は図4の適応等化器では、次のような課題があった。即ち、伝送路20に遅延波が存在しない場合、伝送路20の有限タップモデルの遅延項タップの値が無くなるのが理想であるが、実際には、推定誤差 $e_n$ が存在するので、多少の値をもつことになる。そのため、伝送路20の推定精度が悪化し、受信機30の復調特性が劣化することになる。これを回避するには、伝送路の有限タップモデルの遅延項タップの追従速度を落としたり、遅延項タップの更新の際に過去のタップ係数をリーク(即ち、重みを減らす)してからタップ係数の更新を行えば、推定精度を向上させることができる。ところが、遅延波が存在する時には、遅延項タップも伝送路に追従させなければならないので、その追従速度や遅延項タップをリークすることが問題となる。又、フェージング等により、一時的に受信信号 $y(t)$ の電力レベルが低くなった時にも、伝送路20の推定を誤りやすくなり、受信機30の復調特性が劣化するという問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、前記課題を解決するために、伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、次のような手段を設けている。即ち、前記サンプル値系列から前記受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部と、前記各タップ係数の更新の際、前記ステップ・サイズを前記受信信号の遅延量に比例させるステップ・サイズ制御部とを、設けている。

【0010】この第1の発明によれば、以上のように適応等化器を構成したので、受信信号はサンプル・ホールド部でサンプリングされてサンプル値系列が生成され、このサンプル値系列が保持される。次に、等化処理部において、サンプル値系列と伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて推定送信シンボル系列が生成される。誤差抽出部において、前記サンプル値系列と前記推定送

信シンボル系列とから推定誤差系列が抽出される。更に、タップ係数更新部において、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及びステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算が行われ、伝送路のインパルス応答の推定値が順次生成される。この時、ステップ・サイズ制御部により、前記ステップ・サイズは遅延量推定部で推定された前記受信信号の遅延量に比例するように制御されるので、伝送路の遅延状態に応じてタップ係数更新部の遅延項タップの追従速度と推定精度が制御される。

【0011】第2の発明では、伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、次のような手段を設けている。即ち、第1の発明の遅延量推定部と、前記各タップ係数の更新の際、過去のタップ係数のリーク量を前記受信信号の遅延量に比例させるリーク係数制御部とを、設けている。

【0012】この第2の発明によれば、受信信号はサンプル・ホールド部でサンプリングされてサンプル値系列が生成され、このサンプル値系列が保持される。次に、等化処理部において、サンプル値系列と伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて推定送信シンボル系列が生成される。誤差抽出部において、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列が抽出される。更に、タップ係数更新部において、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及びステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算が行われ、伝送路のインパルス応答の推定値が順次生成される。この時、リーク係数制御部により、過去のタップ係数のリーク量は遅延量推定部で推定された前記受信信号の遅延量に比例するように制御されるので、伝送路の遅延状態に応じてタップ係数更新部の遅延項タップの推定精度が制御される。

【0013】第3の発明では、伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列

を生成する等化処理部と、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、次のような手段を設けている。即ち、前記サンプル値系列から前記受信信号の平均振幅を計算する平均振幅計算部と、前記各タップ係数の更新の際、前記ステップ・サイズを前記受信信号の平均振幅に比例させるステップ・サイズ制御部とを、設けている。

【0014】この第3の発明によれば、受信信号はサンプル・ホールド部でサンプリングされてサンプル値系列が生成され、このサンプル値系列が保持される。次に、等化処理部において、サンプル値系列と伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて推定送信シンボル系列が生成される。誤差抽出部において、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列が抽出される。更に、タップ係数更新部において、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及びステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算が行われ、伝送路のインパルス応答の推定値が順次生成される。この時、ステップ・サイズ制御部により、前記ステップ・サイズは平均振幅計算部で計算された前記受信信号の平均振幅に比例するように制御される。

【0015】第4の発明では、伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列を抽出する誤差抽出部と、前記推定送信シンボル系列、前記推定誤差系列及び所定のステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算を順次行い、前記伝送路のインパルス応答の推定値を順次生成するタップ係数更新部とを、備えた適応等化器において、次のような手段を設けている。即ち、第3発明の平均振幅計算部と、前記各タップ係数の更新の際、過去のタップ係数のリーク量を前記受信信号の平均振幅に比例させるリーク係数制御部とを、設けている。

【0016】この第4の発明によれば、受信信号はサンプル・ホールド部でサンプリングされてサンプル値系列が生成され、このサンプル値系列が保持される。次に、等化処理部において、サンプル値系列と伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて推定送信シンボル系列が生成される。誤差抽出部において、前記サンプル値系列と前記推定送信シンボル系列とから推定誤差系列が抽出される。更に、タップ係数更新部において、前記推定送

信シンボル系列、前記推定誤差系列及びステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いてタップ係数の更新計算が行われ、伝送路のインパルス応答の推定値が順次生成される。この時、リーク係数制御部により、過去のタップ係数のリーク量は平均振幅計算部で計算された前記受信信号の平均振幅に比例するように制御される。

【0017】第5の発明では、伝送路を介して入力される受信信号をサンプリングし、サンプル値系列を生成して一時保持するサンプル・ホールド部と、前記サンプル値系列と前記伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて送信シンボルの推定を行い、推定送信シンボル系列を生成する等化処理部と、前記サンプル値系列及び前記推定送信シンボル系列に基づいて前記伝送路のインパルス応答を推定する伝送路推定部とを、備えた適応等化器において、次のような手段を設けている。即ち、前記サンプル値系列から前記受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部を設け、前記等化処理部は、前記受信信号の遅延量が所定の閾値以下の場合、前記伝送路推定部で推定した伝送路の推定インパルス応答の遅延波項をリセットした値で等化処理を行う構成にしている。

【0018】この第5の発明によれば、受信信号はサンプル・ホールド部でサンプリングされてサンプル値系列が生成され、このサンプル値系列が保持される。次に、等化処理部において、サンプル値系列と伝送路のインパルス応答の推定値とに基づいて推定送信シンボル系列が生成される。この時、等化処理部は、遅延量推定部で推定された前記受信信号の遅延量が所定の閾値以下の場合、前記伝送路推定部で推定した伝送路の推定インパルス応答の遅延波項をリセットした値で等化処理を行う。そのため、伝送路の遅延状態に応じて、等化処理部が伝送路推定部の遅延項タップを使用することが抑制される。従って、前記課題を解決できるのである。

【0019】

【発明の実施の形態】

#### 第1の実施形態

図1は、本発明の第1の実施形態を示す適応等化器の構成ブロック図である。この適応等化器は、従来と同様、DSPを用いたプログラム制御等により構成されるもので、伝送路からの受信信号 $y(t)$ をシンボル間隔 $T$ でサンプリングしてサンプル値系列 $\{y_n\}$ を生成するサンプリング処理部41を有している。サンプリング処理部41の出力端子は、サンプル値系列 $\{y_n\}$ を蓄積するバッファ42の入力端子に接続されている。これらのサンプリング処理部41及びバッファ42でサンプル・ホールド部が構成されている。バッファ42の出力端子は、等化処理部43の入力端子及び伝送路推定部44A中の誤差抽出部44aの第1の入力端子に接続されている。等化処理部43は、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定インパルス応答系列 $\{E_{ht}\}$ とをもとに等化処理を行い、推定送信シンボル系列 $\{E_{x_n}\}$ を生成する機能を

有している。等化処理部43の出力端子は、誤差抽出部44aの第2の入力端子に接続されると共に、伝送路推定部44A中のタップ係数更新部44bの第1の入力端子に接続されている。誤差抽出部44aは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ から推定誤差系列 $e_n$ を抽出する機能を有している。

【0020】更に、バッファ42の出力端子は、遅延量推定部45の入力端子に接続されている。遅延量推定部45は、予め定められた観測周期（例えば、フレーム周期）毎にクロック信号再生用相関器出力のピーク位置を求め、その変動を観測することにより、伝送路に生じている遅延量Edelayの推定を行う機能を有している。遅延量推定部45の出力端子は、伝送路推定部44A中のステップサイズ制御部44cの入力端子に接続されている。ステップサイズ制御部44cは、遅延量Edelayに基づいてステップサイズを制御する機能を有している。ステップサイズ制御部44cの出力端子は、タップ係数更新部44bの第2の入力端子に接続されている。タップ係数更新部44bは、推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ 、推定誤差系列 $e_n$ 及び所定のステップ・サイズからLMSアルゴリズムを用いて伝送路の有限タップモデルのタップ係数を更新する機能を有している。

【0021】図5は、図1中の遅延量推定部の一例を示す構成ブロック図である。この遅延量推定部は、相関計算部45a、最大相関検出器45b、検出位置バッファ45c及び遅延量計算部45dで構成されている。相関計算部45aは、一つの観測周期毎にクロック再生用の参照系列（同期系列）と受信信号のサンプル値系列 $\{y_n\}$ の部分系列との相関値 $S_{45a}$ を計算する機能を有している。最大相関検出器45bは、一つの観測周期毎

に相関値 $S_{45a}$ から最大の相関値 $S_{45b}$ を探索する機能を有している。検出位置バッファ45cは、現在時刻から変動を観測する周期（予め定められている一定時間）まで過去に遡って相関値 $S_{45b}$ の検出位置 $S_{45c}$ を保持する機能を有している。遅延量計算部45dは、検出位置バッファ45cに保持された検出位置 $S_{45c}$ の変動幅から遅延量Edelayを求める機能を有している。

【0022】次に、図1の動作を説明する。サンプリング処理部41は、受信信号 $y(t)$ をサンプリングしてサンプル値系列 $\{y_n\}$ を生成し、バッファ42へ出力する。バッファ42に入力されたサンプル値系列

$\{y_n\}$ は一時的に蓄積され、等化処理部43、伝送路推定部44A及び遅延量推定部45へ出力される。等化処理部43は、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と伝送路推定部44Aで推定した伝送路の推定インパルス応答系列 $\{E h t\}$ とをともに等化処理を行い、推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ を求める。伝送路推定部44Aは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ 、推定送信シンボル系列 $\{E x_n\}$ 及び推定誤差系列 $e_n$ から、伝送路の推定インパルス応答系列 $\{E h t\}$ を求める。遅延量推定部45は、バッファ42からサンプル値系列 $\{y_n\}$ を受けて伝送路における遅延量Edelayを推定し、伝送路推定部44A中のステップ・サイズ制御部44cへ出力する。

【0023】伝送路推定部44A内部において、誤差抽出部44aは、推定送信シンボル $E x(n)$ とサンプル値系列 $\{y_n\}$ から推定誤差系列 $e_n$ を抽出する。ステップサイズ制御部44cは、遅延量推定部45が推定した遅延量Edelayをもとに、次のように、ステップ・サイズ $\beta(i)$ （ $i=0, \dots, M$ ）を制御する。

$$\begin{aligned}\beta(0) &= \beta_0 \\ \beta(i) &= \beta_0 \times \text{Edelay} / (i \times T) \quad (\text{Edelay} / (i \times T) \leq 1) \\ \beta(i) &= \beta_0 \quad (\text{その他})\end{aligned}$$

但し、

$\beta_0$ ；ステップ・サイズ基準値

$T$ ；タップ間隔

タップ係数更新部44bは、推定送信シンボル $E x(n)$ 、推定誤差系列 $e_n$ 及びステップサイズ制御部44cが設定したステップ・サイズ $\beta(i)$ （ $i=0, \dots, M$ ）に基づいて次の（3）式に示すようにタップ係数

$\{E h t(0), E h t(1), \dots, E h t(M)\}$ を更新する。

$\{E h t(0), E h t(1), \dots, E h t(M)\}$

を更新する。

$$\begin{aligned}E h t(i)^{n+1} &= E h t(i)^n + \beta(i) \times e_n \times E x(n-i) \\ &\dots (3)\end{aligned}$$

この（3）式に示すように、伝送路の遅延状態に応じて伝送路の有限タップモデルの遅延項タップの追従速度と追従精度が制御される。

【0024】以上のように、この第1の実施形態では、適応等化器に受信信号 $y(t)$ の遅延量Edelayを推定する遅延量推定部45を設け、更に、タップ係数の更新の際にステップ・サイズ $\beta$ を該遅延量Edelayに比例させるステップ・サイズ制御部44cを設けたので、伝送路の遅延状態に応じて伝送路の有限タップモデルの遅延項タ

ップの追従速度と追従精度を制御することができる。そのため、伝送路の遅延の有無に関わらず、受信機の良好な復調特性を得ることができる。

【0025】第2の実施形態

図6は、本発明の第2の実施形態を示す適応等化器のブロック図であり、図1中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。この適応等化器では、図1中の伝送路推定部44Aに代えて、構成の異なる伝送路推定部44Bが設けられている。この伝送路推定部44Bは、



伝送路推定部44A中のステップサイズ制御部44cを、遅延量推定部45が推定した遅延量EDelayに基づいてリーク係数を制御するリーク係数制御部44dに変更したものである。このリーク係数とは、過去のタップ係数の重みを減らす重み係数である。他は、図1と同様の構成である。この適応等化器の動作では、次の点が図1

$$L(0) = 1$$

$$L(i) = \text{EDelay} / (i \times T)$$

$$L(i) = 1$$

但し、

T; タップ間隔

タップ係数更新部44bは、推定送信シンボル $E_x$

(n)、推定誤差系列 $e_n$ 及びリーク係数制御部44d

が設定したリーク係数 $L(i)$  ( $i=0, \dots, M$ )

$$E_{ht}(i)^{n+1}$$

$$= E_{ht}(i)^n \times L(i) + \beta \times e_n \times E_x(n-i) \quad \dots (4)$$

但し、

$\beta$ ; ステップサイズ

この(4)式に示すように、伝送路の遅延状態に応じて、伝送路の有限タップモデルの遅延項タップの追従速度と追従精度が制御される。以上のように、この第2の実施形態では、適応等化器に受信信号 $y(t)$ の遅延量EDelayを推定する遅延量推定部45を設け、更に、タップ係数の更新の際に過去のタップ係数のリーク量を該遅延量EDelayに比例させるリーク係数制御部44dを設けたので、第1の実施形態と同様に、伝送路の遅延状態に応じて伝送路の有限タップモデルの遅延項タップの追従速度と追従精度を制御することができる。そのため、伝送路の遅延の有無に関わらず、受信機の良い復調特性を得ることができる。

### 【0027】第3の実施形態

図7は、本発明の第3の実施形態を示す適応等化器のブロック図であり、図1中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。この適応等化器では、図1中の遅延量推定部45が、受信信号 $y(t)$ の平均振幅Aveを計算する平均振幅計算部46に変更されている。他は、図1と同様の構成である。この適応等化器の動作では、次の点が図1と異なっている。即ち、バッファ42に蓄積されたサンプル値系列 $\{y_n\}$ は、等化処理部43、伝送路推定部44A及び平均振幅計算部46に出力される。平均振幅計算部46は、バッファ42からサンプル値系列 $\{y_n\}$ を受け、受信信号 $y(t)$ の平均振幅Aveを計算し、ステップサイズ制御部44cへ出力する。

【0028】伝送路推定部44A内部において、ステップサイズ制御部44cは、平均振幅計算部46が計算した平均振幅Aveをもとに、次のように、ステップ・サイズ $\beta$ を制御する。

$$\beta = \beta_0 \times \text{Ave} \quad (\text{Ave} \leq 1.0)$$

$$\beta = \beta_0 \quad (\text{その他})$$

と異なっている。

【0026】即ち、リーク係数制御部44dは、遅延量推定部45が推定した遅延量EDelayをもとに、次のように、リーク係数 $L(i)$  ( $i=0, \dots, M$ )を制御する。

$$(\text{EDelay} / (i \times T) \leq 1)$$

(その他)

により、次の(4)式に示すようにタップ係数

$$\{E_{ht}(0), E_{ht}(1), \dots, E_{ht}(M)\}$$

を更新する。

但し、

$\beta_0$ ; ステップ・サイズ基準値

タップ係数更新部44bは、等化処理部43の推定送信シンボル $E_x(n)$ と、誤差抽出部44aが計算した推定誤差系列 $e_n$ 及びステップサイズ制御部44cが設定したステップ・サイズ $\beta$ により、前記(1)式に示すようにタップ係数

$$\{E_{ht}(0), E_{ht}(1), \dots, E_{ht}(M)\}$$

を更新する。

【0029】前記(1)式に示すように、受信信号の電力レベルに応じて、伝送路推定部44Aの追従速度が制御される。以上のように、この第3の実施形態では、適応等化器に受信信号 $y(t)$ の平均振幅Aveを計算する平均振幅計算部46を設け、更に、タップ係数の更新の際にステップ・サイズ $\beta$ を該平均振幅Aveに比例させるステップ・サイズ制御部44cを設けたので、受信信号 $y(t)$ の電力レベルに応じて、伝送路推定部44Aの追従速度を制御することが可能となる。そのため、従来のように、フェージング等によって一時的に受信信号 $y(t)$ の電力レベルが低下した時に、伝送路の推定を誤りやすく、受信機の復調特性が悪化するという問題点が解決される。

### 【0030】第4の実施形態

図8は、本発明の第4の実施形態を示す適応等化器のブロック図であり、図6及び図7中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。この適応等化器では、図6中の遅延量推定部45が図7中の平均振幅計算部46に変更されている。他は、図6と同様の構成である。この適応等化器の動作では、次の点が図6と異なっている。即ち、リーク係数制御部44dは、平均振幅計算部46が計算した平均振幅Aveをもとに、次のように、リーク係数 $L$ を制御する。

$$L(0) = 1$$

$L(i) = Ave \quad (Ave \leq 1)$

$L(i) = 1 \quad (\text{その他})$

タップ係数更新部44bは、等化処理部43の推定送信シンボル $E_x(n)$ と、誤差抽出部44aが計算した推定誤差系列 $e_n$ 及びリーク係数制御部44dが設定したリーク係数 $L$ により、前記(4)式に示すようにタップ係数

$\{E_{ht}(0), E_{ht}(1), \dots, E_{ht}(M)\}$

を更新する。前記(4)式に示すように、受信信号 $y(t)$ の電力レベルに応じて、伝送路推定部44Bの追従精度が制御される。以上のように、この第4の実施形態では、適応等化器に受信信号 $y(t)$ の平均振幅 $Ave$ を計算する平均振幅計算部46を設け、更に、タップ係数の更新の際に過去のタップ係数のリーク量を該遅延量 $EDelay$ に比例させるリーク係数制御部44dを設けたので、受信信号 $y(t)$ の電力レベルに応じて、伝送路推定部44Bの追従精度を制御することができる。そのため、従来のように、フェージング等により、一時的に受信信号の電力レベルが低下した時に、伝送路の推定を誤りやすく、受信機の復調特性が悪化するという問題点が解決される。

#### 【0031】第5の実施形態

図9は、本発明の第5の実施形態を示す適応等化器のブロック図であり、図1中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。この適応等化器では、図1中の等

$$-\sum_{k=1}^N |y_k - x_k \cdot E_h(t)|^2$$

又、遅延推定量 $EDelay$ が切り換え閾値 $\theta$ より大きい場合には、前記(2)式をを最大にするシンボル系列 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を求めることよって得られる。

【0033】(5)式及び前記(2)式は、ビタビ・アルゴリズム(Viterbi algorithm)を用いて効率的に計算される。この(5)式に示すように、遅延量 $EDelay$ が切り換え閾値 $\theta$ 以下の場合、即ち遅延波が存在しない時に、伝送路推定部の遅延項タップが強制的にリセットされる。以上のように、この第5の実施形態では、適応等化器に受信信号 $y(t)$ の遅延量 $EDelay$ を推定する遅延量推定部45を設けたので、該遅延量 $EDelay$ が切り換え閾値 $\theta$ 以下の場合、即ち遅延波が存在しない時に、伝送路推定部44Cの遅延項タップを強制的にリセットすることができる。そのため、遅延波が存在しない時の受信機の復調特性が改善される。尚、上記実施形態では、移動通信の受信機における適応等化器について説明したが、本発明は、固定通信網におけるデータ通信等の適応等化器としても適用できる。

#### 【0034】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、第1の発明

化処理部43に代えて、構成の異なる等化処理部43Aが設けられ、遅延量推定部45からの遅延量 $EDelay$ が該等化処理部43Aに入力されるようになっている。又、伝送路推定部44Aに代えて、構成の異なる伝送路推定部44Cが設けられている。等化処理部43Aは、遅延量 $EDelay$ が所定の閾値以下ならば、伝送路推定部44Cで推定した伝送路の推定インパルス応答系列 $\{E_{ht}\}$ の遅延波項をリセットした値で等化処理を行う機能を有している。伝送路推定部44Cは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定送信シンボル系列 $\{E_{x_n}\}$ から、伝送路の前記推定インパルス応答系列 $\{E_{ht}\}$ を求める機能を有している。他は、図1と同様の構成である。

【0032】次に、図9の動作を説明する。本実施形態では、等化処理部43AにMLSE法を用いた場合について説明する。遅延量推定部45は、バッファ42からサンプル値系列 $\{y_n\}$ を受け、伝送路の遅延量 $EDelay$ (単位T; 1シンボル時間)を推定して等化処理部43Aへ出力する。伝送路推定部44Cは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ と推定送信シンボル系列 $\{E_{x_n}\}$ から、伝送路のインパルス応答 $\{E_{ht}\}$ を求める。等化処理部43Aは、サンプル値系列 $\{y_n\}$ 、インパルス応答 $\{E_{ht}\}$ 及び遅延量 $EDelay$ をもとに最尤系列推定(MLSE)を行い、推定送信シンボル系列 $\{E_{x_n}\}$ を求める。具体的には、遅延量 $EDelay$ が切り換え閾値 $\theta$ 以下の場合には、次の(5)式を最大にするシンボル系列 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を求めることよって得られる。

$$\dots (5)$$

によれば、適応等化器に受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部を設け、更に、タップ係数の更新の際にステップ・サイズを該遅延量に比例させるステップ・サイズ制御部を設けたので、伝送路の遅延状態に応じて伝送路の有限タップモデルの遅延項タップの追従速度と追従精度を制御できる。そのため、伝送路の遅延の有無に関わらず、受信機の良好な復調特性を得ることができる。第2の発明によれば、適応等化器に受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部を設け、更に、タップ係数の更新の際に過去のタップ係数のリーク量を該遅延量に比例させるリーク係数制御部を設けたので、第1の発明と同様に、伝送路の遅延状態に応じて伝送路の有限タップモデルの遅延項タップの追従速度と追従精度を制御できる。そのため、伝送路の遅延の有無に関わらず、受信機の良好な復調特性を得ることができる。

【0035】第3の発明によれば、適応等化器に受信信号の平均振幅を計算する平均振幅計算部を設け、更に、タップ係数の更新の際にステップ・サイズを該平均振幅に比例させるステップ・サイズ制御部を設けたので、受信信号の電力レベルに応じて、伝送路推定部の追従速度を制御することが可能となる。そのため、従来よう

に、フェージング等によって一時的に受信信号の電力レベルが低下した時に、伝送路の推定を誤りやすく、受信機の復調特性が悪化するという問題点を解決できる。第4の発明によれば、適応等化器に受信信号の平均振幅を計算する平均振幅計算部を設け、更に、タップ係数の更新の際に過去のタップ係数のリーク量を該遅延量に比例させるリーク係数制御部を設けたので、受信信号の電力レベルに応じて、伝送路推定部の追従精度を制御できる。そのため、従来のように、フェージング等により、一時的に受信信号の電力レベルが低下した時に、伝送路の推定を誤りやすく、受信機の復調特性が悪化するという問題点を解決できる。第5の発明によれば、適応等化器に受信信号の遅延量を推定する遅延量推定部を設けたので、該遅延量が切り換え閾値以下の場合、即ち遅延波が存在しない時に、伝送路推定部の遅延項タップを強制的にリセットできる。そのため、遅延波が存在しない時の受信機の復調特性を改善できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態の適応等化器の構成ブロック図である。

【図2】 従来のデジタル移動通信の送受信機の構成ブロック図である。

【図3】 図2中の適応等化器の構成ブロック図である。

【図4】 図2中の他の適応等化器の構成ブロック図である。

る。

【図5】 図1中の遅延量推定部の構成ブロック図である。

【図6】 本発明の第2の実施形態の適応等化器の構成ブロック図である。

【図7】 本発明の第3の実施形態の適応等化器の構成ブロック図である。

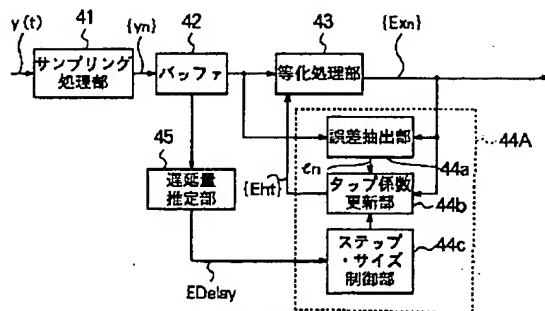
【図8】 本発明の第4の実施形態の適応等化器の構成ブロック図である。

【図9】 本発明の第5の実施形態の適応等化器の構成ブロック図である。

【符号の説明】

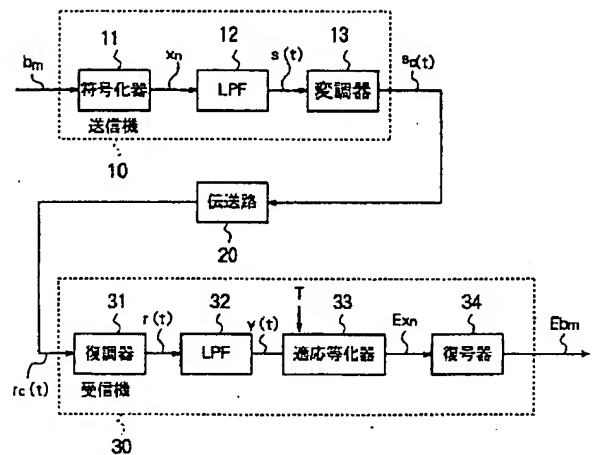
33a, 41	サンプリング処理部（サンプル・ホールド部）
33b, 42	バッファ（サンプル・ホールド部）
33c, 43, 43A	等化処理部
33d1, 44a	誤差抽出部
33d2, 44b	タップ係数更新部
44c	伝送路推定部
44c	ステップ・サイズ制御部
44d	リーク係数制御部
45	遅延量推定部
46	平均振幅計算部

【図1】



本発明の第1の実施形態の適応等化器

【図2】



従来のデジタル移動通信の送受信機

【図4】

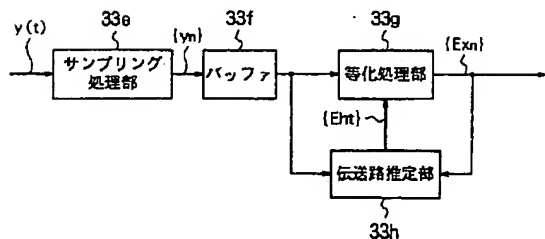


図2中の他の適応等化器

【図5】

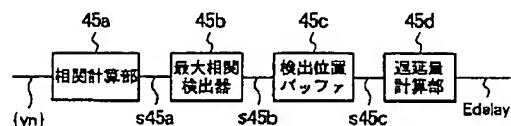


図1中の遅延量推定部

【図3】

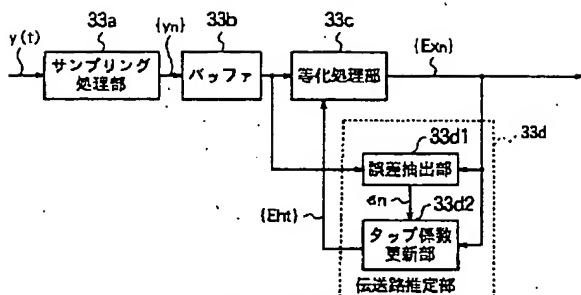
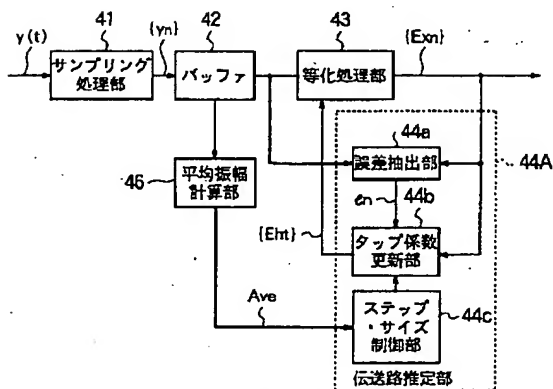


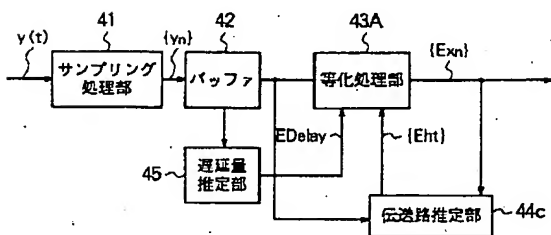
図2中の適応等化器

【図7】



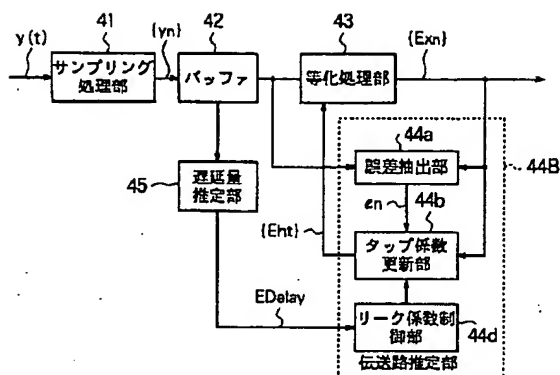
本発明の第3の実施形態の適応等化器

【図9】



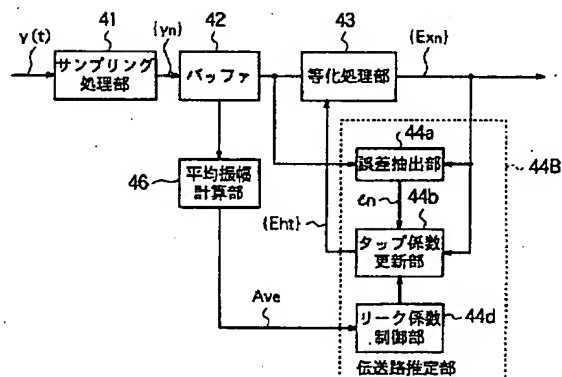
本発明の第5の実施形態の適応等化器

【図6】



本発明の第2の実施形態の適応等化器

【図8】



本発明の第4の実施形態の適応等化器